

Neue Generation von Aufzügen mit Faserseil

New generation of lift systems with fiber ropes

**Peter Kurtz
Markus Michael
Thorsten Heinze**

*Stiftungsprofessur Technische Textilien – Textile Maschinenelemente
Institut für Fördertechnik und Kunststoffe
Fakultät für Maschinenbau
Technische Universität Chemnitz*

Energieeffiziente und leistungsfähige Zug- und Tragmittel aus hochmoduligen (HM) und hochfesten (HT) Fasern rücken seit einigen Jahren in den Fokus von Aufzugherstellern und Betreibern. Hauptgrund dafür ist, dass die bisher eingesetzten Stahldrahtseile auf Grund ihrer vergleichsweise hohen Eigenmasse an technische Grenzen stoßen. Seile aus hochfesten Polymerfasern haben gegenüber Stahldrahtseilen eine vergleichbare oder sogar höhere Zugfestigkeit und ein vier- bis sechsfach geringeres Gewicht. Um das Potential dieser Fasern optimal auszunutzen, sind sowohl die Anordnung der Fasern als auch die Schmierstoffeinbringung zu untersuchen. Diesbezüglich wurden verschiedenen Seilkonstruktions- und Schmierstoffvarianten entwickelt und im Dauerbiegeversuch validiert.

[Keywords: Hochfeste und hochmodulige Fasern, Faserseil, Maschinenelemente, textil, Aufzug]

In recent years efficient traction and load-bearing mechanisms of high-modulus (HM) and high strength (HT) fibers move into the focus of elevator manufacturers and operators. The main reason is that the steel ropes, which are used, by virtue of their comparatively high net mass reach their technical limits. High-strength polymer fiber ropes (HM HT fibre ropes) have compared with steel ropes a comparable or even higher tensile strength and a four-to six-fold lower weight of the load-bearing mechanisms. To realize the full potential of these fibers, both the arrangement of the fibers and the lubricant contribution are examined. In this regard, various rope construction and lubricant variants were developed and validated in bending fatigue tests.

[Schlüsselwörter: high-strength and high-modulus fibres, fibre rope, machine parts, textile, lift systems]

1 EINLEITUNG

In Aufzugs- und Schachtförderanlagen zeichnen sich Stahlseile durch hohe Festigkeit (Zugfestigkeit >1770 N/mm²) [1] und gute Beurteilbarkeit der Ablegereife aus.

Durch regelmäßige Inspektionen können kritische Zustände z.B. visuell durch die Anzahl äußerer Drahtbrüche rechtzeitig erkannt werden. Dies führt zu einer hohen Betriebssicherheit, welche durch Weiterentwicklung der Drahtseile stetig gesteigert wird.

Die Stahldrahtseile gelangen jedoch bezüglich der maximal möglichen Förderhöhe an technische Grenzen. Die Hauptursachen liegen vor allem in der hohen Eigenmasse der eingesetzten Seile (Reißlänge und Nutzlast sinken) sowie in erhöhter Seilschädigung durch Ausbildung von Drehmomenten entlang der Seilachse beim Biegen über eine Scheibe. Größere Schachtförderanlagen (Förderung aus 3500m Tiefe [2]) können nur noch durch Absenken der Sicherheiten (z.B. AS/NZS 4812) und Förderströme realisiert werden.

Aus diesem Grund besteht die Forderung Zugmittel anzuwenden, die bei gleicher Bruchkraft eine geringere Dichte aufweisen. Seile aus hochfesten Polymeren haben auf Grund ihrer geringeren Dichte eine bis zu achtfach größere Reißlänge [3] gegenüber Stahldrahtseilen.

2 KONSTRUKTION EINES VOLLSYNTHETISCHEN TRAGSEILS IM AUFZUGSBAU

Um ein Seil auf die einsatzspezifischen Einflüsse (Temperaturschwankungen, Abrasion ect.) optimal abzustimmen, werden die Funktionen Aufnehmen der Last und Übertragen der Last voneinander getrennt. Das Aufzugseil besteht somit aus einem tragenden Kernseil (12fach-Rundgeflecht) sowie einer treibenden und zugleich stützenden Mantelkonstruktion (siehe Abb. 1).

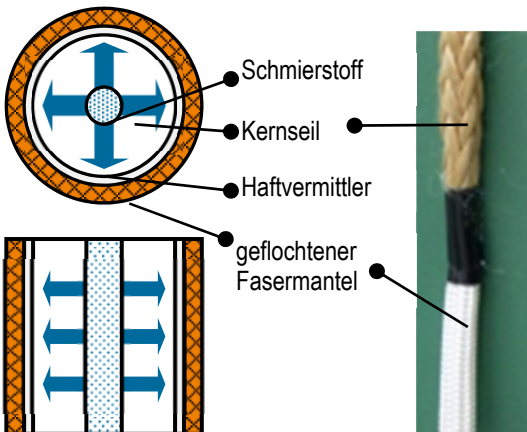


Abbildung 1. Neues Tragseil für Aufzüge auf Basis hochfester synthetischer Fasern

Diese speziell für laufende Seile konzipierte Kernmantelkonstruktion bleibt beim Überfahren einer Seilscheibe formstabil und reduziert damit maßgeblich das für ein Faserseil schädliche Ausknicken der druckempfindlichen HM-HT-Fasern (siehe Abb. 2).

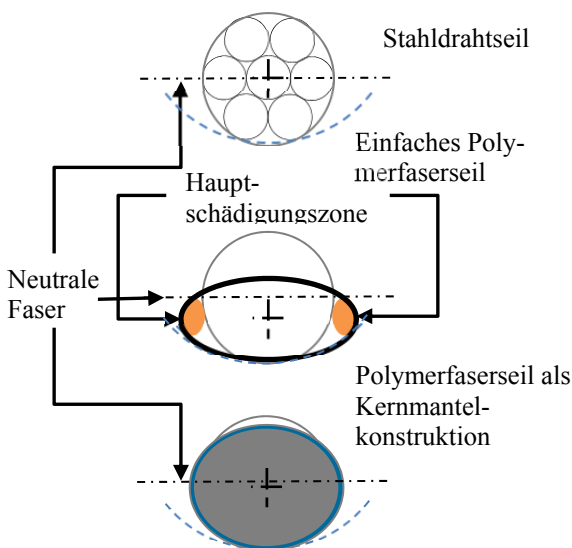


Abbildung 2. Auflageverhältnisse zwischen Seil und Seilscheibe

Weiterhin ermöglicht diese Konstruktion eine Unterteilung in Lastaufnahme, Seilschmierung sowie Aufnahme bzw. Übertragung von Antriebsmomenten und soll damit das Leistungspotential synthetischer Faserseile optimal ausschöpfen. Der äußere Aufbau schützt vor Schädigung durch äußere Einflüsse (z.B. Schmutz, UV-Strahlung, Nässe usw.), gewährleistet die notwendige Formstabilität und egalisiert die Relativbewegungen und somit den Kraftfluss der Litzen. Darüber hinaus realisiert der Mantel die Treibfähigkeit und stellt durch die monolithische Bauweise sicher, dass kein Schmierstoff austritt.

Das 6mm-Kernseil aus Technora besteht aus 12 Litzen (sechsmal Z/S) welche doppelbindig mit einer Flechtlänge von 40mm verflochten sind. Diese Kernseilkonstruktion wurde bei allen Versuchen konstant gehalten. Im ersten Versuch wurde weiterhin ein aus 32 Litzen bestehender Polyesteremantel installiert welcher den Oberflächenverschleiß reduzieren und die Formstabilität steigern soll. Die Seile wurden im Dauerbiegeversuch mit einem Durchmesser Verhältnis von 12,5 (D/d) bis zur Bruchzyklenzahl geprüft. Um den Einfluss der Scheiben-geometrie klein zu halten wurde eine Rillradius von ca. $2,2 \cdot d_{\text{Seil}}$ ausgewählt.

Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse des Dauerbiegeversuches.

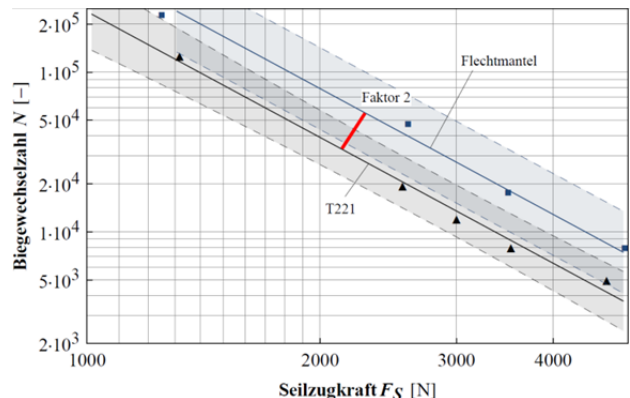


Abbildung 3. Dauerversuch Kernmantelkonstruktion

Die Lebensdauer gegenüber einem nichtummantelten Seil konnte um den Faktor 2,2 gesteigert werden. Bei allen Versuchen konnte kein signifikanter Oberflächenverschleiß am Mantel festgestellt werden, so dass davon auszugehen ist, dass dieser auch eine höhere Anzahl an Biegewechseln ertragen hätte. Der Seilquerschnitt bleibt durch den Mantel auch in der Biegezone nahezu formstabil. Auf Grund der größeren Elastizität von Polyester gegenüber dem Seilmaterial Technora passt sich der Mantel belastungsabhängig an die Seilkontur an. Weiterhin fördert die kleine Flechtlänge des Mantels den Effekt der Querkontraktion, woraus die belastungsabhängige Stützwirkung resultiert.

3 SCHMIERSTOFFENTWICKLUNG

Neben Oberflächenverschleiß, Faserknickung und Zugbelastung wird das Seil im Wesentlichen durch die Faser-Relativbewegungen geschädigt. Zwar reduziert der formgebende Mantel maßgeblich das Ausknicken der Fasern, verhindert jedoch nicht deren Relativbewegungen zueinander welche aus dem Biegen über eine Scheibe resultieren (siehe Abb. 4).



Abbildung 4. Schadensbild Faser-Faserreibung

Die von Dehnrate und Temperatur abhängige Energiedissipation führt zu einem verzögerten Reaktionsverhalten und zur Erwärmung des Seils. Durch gezieltes Schmieren der Faserseile kann die Lebensdauer im Vergleich zum ungeschmierten Seil, um den Faktor sechs gesteigert werden. Diesbezüglich wurde die Wirkung einer einmaligen Schmierstoffzuführung an einem 6mm starken Rundgeflecht untersucht. Dieses Potential kann noch weiter gesteigert werden, indem regelmäßig Schmierstoff zugeführt wird (Nachschmierung) oder durch einen Mantel ein Austritt von Schmierstoff verhindert wird. Ziel ist es, das Abreißen des Schmierfilms während des Betriebs auf den Wirkflächen zu verhindern. Als besonders geeignet haben sich Schmierstoffe auf Teflon-Basis (Typ G, vgl. Abb. 5) herausgestellt.

Dieses wurde in Form eines Schmieröles in das Seil eingebracht. Schmieröle haben jedoch den Nachteil, dass aufgrund der Filterwirkung des Geflechtes nicht gewährleistet werden kann, dass alle Filamente mit dem Schmierstoff benetzt werden. Weiterhin verhindert die mit Öl benetzte Oberfläche spätere Veredlungsmaßnahmen wie zum Beispiel das Aufbringen einer Extrusionsschicht.

Eine weitere Steigerung konnte durch den Einsatz eines Schmierwachses erreicht werden. Die gute Schmierwirkung kann ebenfalls auf das im Wachs enthaltene Teflon zurückgeführt werden. Weiterhin bleibt der Schmierfilm auf Grund der hohen Viskosität des Schmierwachses länger in der Wirkstelle erhalten.

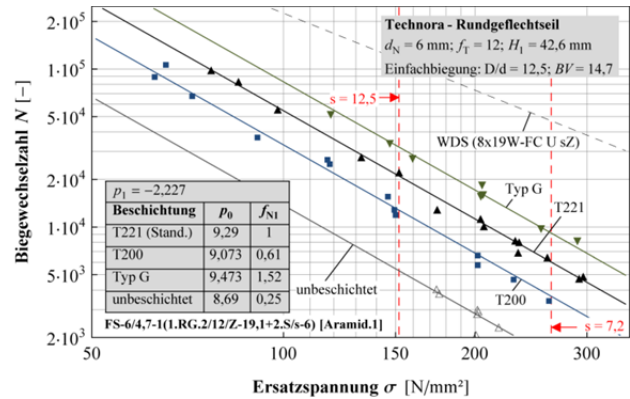


Abbildung 5. Dauerbiegeversuch mit variablen Seilbeschichtungen

Für den Versuch wurden die Seile in einer Schmierwaxdispersion (ICO WAX 40/60) getränkt. Das Dispersionsmittel verdunstete und bildete eine homogene Wachsschicht aus, die bei Raumtemperatur hoch viskos bis fest vorlag. Das Beschichtungsmittel durchdringt somit auch nicht den aus Polyester bestehenden Flechtmantel, so dass ein nachgeschalteter Beschichtungsprozess nicht beeinflusst wird. Die mit der Waxdispersion ausgestatteten Seile erreichten eine um den Faktor 3,3 höher liegende Bruchzyklenzahl gegenüber einem nur mit der Faserschicht (T221) ausgestatteten Seil (siehe Abb. 5/6). Gegenüber einem unbeschichteten Seil liegt die Bruchbiegezahl beim Faktor 13.

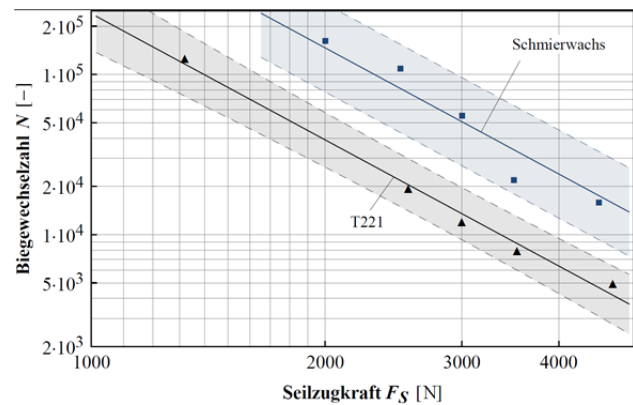


Abbildung 6. Dauerversuch Schmierwachs

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass in der Kombination unterschiedlicher Materialien und Beschichtungsarten erhebliches Optimierungspotenzial liegt. In vertiefenden Versuchen soll die geeignete Beschichtung für das textile Zuelement ermittelt sowie eine belastungsgerechten Kernseilkonstruktion entwickelt werden.

LITERATUR

- [1] Aufzüge und Fahrtreppen: Ein Anwenderhandbuch von Dieter Unger Springer Vieweg Verlag 2011.
- [2] Techreport Siemag: Blair-Doppeltrommel-Fördermaschine für South Gold Mines. Siemag M-Tec, 2006
- [3] Mammitzsch, J.; Michael, M., u. a.: Anwendungsspezifische Beschichtungen für Faserseile im Maschinenbau. In: Tagungsband zur 12. Chemnitzer Chemnitzer Textiltechnik Tagung S.199,2009,
- [4] Hearle, John: High-perfomance fibres, Cambridge: Woodhead Publishing, 2004
- [5] McKenna, Henry; Hearle, John; O’Hear, Nick: Handbook of fibre rope technology, Cambridge: Woodhead Publishing, 2004
- [6] Vogel, Wolfram: Dauerbiegeversuche an gedrehten und geflochtenen Faserseilen aus hochfesten PE Fasern, Technische Textilien, S. 126-128, 1998